

## JP11004553

Publication Title:

PERMANENT MAGNET ROTATING MACHINE WITH CONCENTRATED WOUND STATOR

Abstract:

Abstract of JP11004553

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a permanent magnet rotating machine with good safety in separated structure between motor and generator windings, large motor torque, and high generating voltage of the generator, by adopting an adequate number of turns of thick windings and a large winding coefficient of the stator winding made up of a stator magnetic pole number and a permanent magnet pole number. **SOLUTION:** A magnetic pole 41 of a stator core 4 has a straight shape with a constant magnetic pole width, and a slot bottom surrounded by the magnetic pole and a yoke 40 is made triangular. A stator winding made of winding 5 with a given turn number is molded to be engaged with the stator pole and mounted on the stator pole with an insulating material 6 in between. A wedge 13 made of insulating material is fitted to a small groove in the stator pole. Motor windings 5a are provided every other half the number of stator poles. In addition, generator winding 5b is provided at every remaining stator pole. In this case, the pole number (M) of the stator and the pole number (P) of the rotor have a relation;  $M:P=6n:(6n+2)$  in the constitution, where n is an integer of 2 or above.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 2 K 1/16  
3/487  
21/16H 0 2 K 1/16  
3/487  
21/16A  
Z  
G  
M

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-104443

(22)出願日 平成10年(1998)4月15日

(31)優先権主張番号 特願平9-113595

(32)優先日 平9(1997)4月16日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000228730

日本サーボ株式会社

東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 虻川 俊美

群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社研究所内

(72)発明者 大西 和夫

群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社研究所内

(72)発明者 鈴木 英明

群馬県桐生市相生町3-93番地 日本サーボ株式会社研究所内

(74)代理人 弁理士 斎藤 春弥 (外1名)

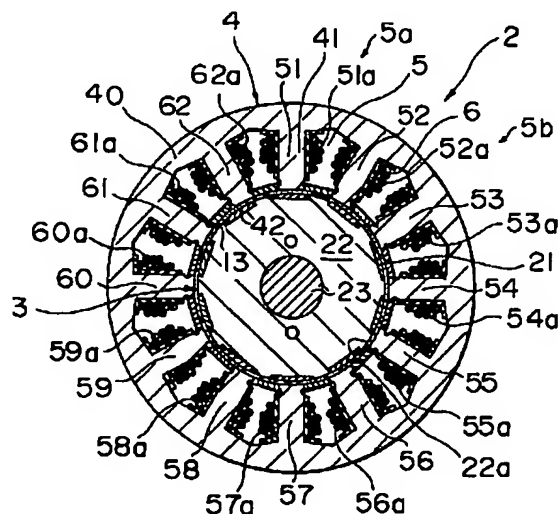
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 集中巻固定子を有する永久磁石回転電機

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 太線の総巻回数を確保すると共に、固定子巻線の巻線係数が大きくなる固定子磁極数Mと永久磁石磁極数Pの比とすることにより、電動機トルクが大きく、発電機の発生電圧が高く、しかも電動機用巻線と発電機用巻線を分離した安全性の高い永久磁石回転電機を提供。

【解決手段】 固定子鉄心4の磁極41は磁極幅が一定であるストレート形状で、磁極とヨーク40で画定されるスロットの底部が三角形状に形成され、固定子磁極に所定数の巻数を巻いた巻線5を、磁極に嵌着可能に成型した固定子巻線を絶縁物6を介して装着し、固定子磁極に設けた小溝に絶縁物で構成された楔13を嵌着する構成とする。次に、固定子磁極の半数に電動機用巻線5aを一つおきに配置し、残り発電用巻線5bを配置する構成とする。更に、固定子の磁極数Mと回転子の永久磁石の極数Pとの関係を、 $M:P=6n:(6n\pm 2)$ となるような構成とする。但し、nは2以上の整数とする。



4 : 固定子鉄心

5 : 固定子巻線

5 a : 電動機用固定子巻線

5 b : 発電機用固定子巻線

1 3 : 楔

4 1 : 固定子磁極

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 円環状ヨークに放射状に配置された複数の固定子磁極を備えた固定子鉄心の固定子磁極に夫々巻線を巻装した固定子と、該固定子に空隙を介して回転自在に保持された複数の磁極を有する永久磁石を備えた回転子とを備えた集中巻固定子を有する回転電機において、

固定子鉄心の磁極はその幅が全長に亘り一定であるストレート形状で、その先端近傍の両側のほぼ対称の位置に小溝を設け、隣接した磁極とヨークで画定されるスロットの底部が三角形形状に形成され、前記固定子磁極に所定数の巻数を巻いた巻線を、前記磁極に嵌着可能に成型した固定子巻線を絶縁物を介して装着し、前記固定子磁極に設けた小溝に楔を嵌着したことを特徴とする集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

【請求項 2】 固定子磁極の半数に電動機用巻線をおき、同様に残りの半数の固定子磁極に発電用巻線を配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

【請求項 3】 電動機用巻線と発電用巻線の巻数を異なるようにしたことを特徴とする請求項 2 に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

【請求項 4】 固定子の磁極数  $M$  と回転子の永久磁石の磁極数  $P$  との関係を、 $(2/3) < (P/M) < (4/3)$  で、かつ  $P \neq M$  となるようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機。

【請求項 5】 固定子の磁極数  $M$  と回転子の永久磁石の磁極数  $P$  との関係を、 $M : P = 6n : (6n \pm 2)$  となるようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機（但し、 $n$  は 2 以上の整数である）。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、永久磁石回転電機に係り、特に電動機トルクと発電機の発生電圧が大きく、太線巻線化に適した集中巻固定子を備えた永久磁石回転電機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 バッテリー等を電源とする回転電機は、低電圧で大電流が通電される。このため、この種の回転電機の固定子磁極に巻回する固定子巻線は、抵抗値を小とするために太線巻線が用いられている。従来のこの種の回転電機に用いられる固定子を図 19 を用いて説明する。

【0003】 図 19 は、従来の回転電機の固定子 84 を示す軸方向から見た横断面図であるが、12 個の夫々の固定子磁極 85a1～85a12 がヨーク 86 から中心に向けて放射状に、かつ周方向に等間隔に形成され、また、固定子磁極 85a1～85a12 の各先端部 85b1～

85b12 は周方向に広がった形状に形成されている。W0 は隣接する固定子磁極、例えば 85a1、85a2 間のスリット幅であり、各固定子磁極間に形成されるスロット 87 の底部 87a の形状は円弧形状に形成されている。

【0004】 一般に、永久磁石回転電機は固定子磁極を有し、この磁極に固定子巻線を集中的に配置されていた。そして従来の永久磁石回転電機では、固定子の磁極数  $M$  と永久磁石の磁極数  $P$  との比を  $M : P = 3 : 2$  とすることが一般的であった。更に、電動機用巻線と発電機用巻線が同一スロット内に巻回、配置されていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記従来の集中巻固定子を有する回転電機では、次のような問題点があった。

(1) 従来の回転電機の固定子では、図 19 に示すように固定子磁極の先端部が周方向に広がるように形成されているために、隣接する固定子磁極間のスリット幅が狭く、固定子磁極に装着される太線巻線を巻線機のノズルを用いて巻回する場合、ノズルが通過するスリット幅が狭いため、ノズルの幅寸法が制限され、このような太線巻線を巻回することができなかった。

(2) また、予め太線をボビン巻きした巻線を用いようとしても、前記スリット幅が狭いことにより、固定子の径中心側より固定子磁極に挿入することができなかった。

【0006】 (3) 更に、スロット底部が円弧形状のため、スロット面積も小さく、巻線の総巻回数も制限される。

(4) また、固定子の磁極数  $M$  と永久磁石の磁極数  $P$  の比が  $M : P = 3 : 2$  のため、コギングトルクが大きく、しかも巻線の有効利用率を示す巻線係数が 0.866 と小さいため、電動機トルクが小さく、発電機の発生電圧の小さい回転電機となった。

(5) 更に、固定子の磁極数  $M$  と永久磁石の磁極数  $P$  の比が  $M : P = 3 : 2$  のため、電動機用巻線群と発電機用巻線群を別々の固定子磁極に配置することができず、両者の絶縁が共用となり、安全性に劣る。

【0007】 本発明は、従来のものの上記問題点を解決するようにした集中巻固定子を有する永久磁石回転電機を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機は、上記課題を解決するために、請求項 1 に記載のものでは、円環状ヨークに放射状に配置された複数の固定子磁極を備えた固定子鉄心の固定子磁極に夫々巻線を巻装した固定子と、該固定子に空隙を介して回転自在に保持された複数の磁極を有する永久磁石を備えた回転子とを備えた集中巻固定子を有する回転電機において、固定子鉄心の磁極はその幅が全

10

20

30

40

50

長に亘り一定であるストレート形状で、その先端近傍の両側のほぼ対称の位置に小溝を設け、隣接した磁極とヨークで画定されるスロットの底部が三角形に形成され、前記固定子磁極に所定数の巻数を巻いた巻線を、前記磁極に嵌着可能に成型した固定子巻線を絶縁物を介して装着し、前記固定子磁極に設けた小溝に楔を嵌着した構成とした。この構成によれば、固定子磁極が上述のように、磁極幅が一定のストレート形状で、スロット底部も三角形に形成されていることにより、隣接する固定子磁極間のスリット幅も広がる。このため、予めボビン

【0009】請求項2に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機では、固定子磁極の半数に電動機用巻線の一つおきに配置し、同様に残りの半数の固定子磁極に発電用巻線を配置した構成とした。このような構成にすると、電動機用巻線と発電機用巻線の両巻線の絶縁が完全に分離され、安全性が向上した回転電機が得られる。また、端末処理本数も少なくすることができる。

【0010】請求項3に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機では、電動機用巻線と発電用巻線の巻数を異なるように構成した。このような構成にすることにより、発電機出力の負荷による電圧降下分を考慮し、予め発電機電圧を大きくしておくことができる。

【0011】請求項4に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機では、固定子の磁極数Mと回転子の永久磁石の磁極数Pとの関係を、 $(2/3) < (P/M) < (4/3)$ で、かつ $P \neq M$ となるように構成した。このようなMとPの範囲の組合せでは、固定子巻線の有効利用率を示す上述の巻線係数は、従来のものと比較して同等か、或いは大きい数値を得ることができる。

【0012】請求項5に記載の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機では、固定子の磁極数Mと回転子の永久磁石の磁極数Pとの関係を、 $M:P=6n:(6n \pm 2)$ となるように構成した（但し、nは2以上の整数である）。このようなMとPの比にしたことにより、巻線係数が、n=2では0.933、n=3では0.970、n=4では0.983と大きな数値となるため、大きな電動機トルク、発電電圧が得られ、しかもコギングトルクが小さな回転電機となる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機の一実施の形態について、図1を用いて説明する。図1は、本発明にかかる3相の上記永久磁石回転電機の実施の形態を示す一部を切り欠いて示す縦断面図である。

【0014】同図において、本発明の永久磁石回転電機1は、固定子2と回転子3から成る。固定子2は、固定

子鉄心4と固定子巻線5、固定子巻線5を絶縁するインシュレータ6、固定子巻線5からの端末線（図示せず）を結線する接続板7、接続板7の出力端子8と電気的に接続されるケーブル10が、フロントカバー11に固定されたブッシュ9を介し、引き出されている。また、軸方向の両端には、固定子鉄心4を内周面に固定した放熱フィン11aを設けたフロントカバー11、フロントカバー11と嵌合されたリアカバー12が配置されている。

【0015】一方、回転子3は、固定子鉄心4に空隙を介して対向する永久磁石21が回転子鉄心22に固定され、回転子鉄心22はシャフト23に圧入され、又はキイ（図示せず）で固定されている。回転子鉄心22の軸方向の一端端には、回転子鉄心22の軸方向位置を規定する押え板24がシャフト23にねじ込められるナット25bのみにより固定されている。また、回転子鉄心22の他方端には、永久磁石21と同一極数となる磁極位置検出用磁石26を固定した取付板27が配置される。

【0016】ここで、磁極位置検出用磁石26は、永久磁石21の端面より軸方向に所定の空隙距離を有して配置されている。シャフト23の両端には、ボールベアリング28a、28bが設けられ、夫々フロントカバー11とリアカバー12の内径部に挿入、嵌合されている。ボールベアリング28aは、内輪をナット25a、外輪をフロントカバー内径部に螺合されるナット25cにより軸方向に移動しないように固定される。

【0017】磁極位置検出用磁石26と軸方向に空隙を介して、フロントカバー11の軸受支承部分の永久磁石21に対向する先端部11bに、回転子3の永久磁石21の位置を検出する磁極位置検出器26を配置した基板29が固定されている。この磁極位置検出器は、一般にはホールIC、ホール素子等で構成され、機械角120度ピッチで3個円周方向に設けられている。

【0018】次に、図2に固定子巻線5として電動機用巻線と発電機用巻線を設けた本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機1の横断面図を示す。また、図3に本発明の永久磁石回転電機1に用いられる固定子鉄心4の横断面図を示す。図2、図3において、固定子2は、固定子鉄心4と固定子巻線5、固定子巻線5の絶縁物であるインシュレータ6と固定子巻線5の落下防止と絶縁を兼ねた楔13で構成される。

【0019】更に、図2、図3を用いて各部の構造を説明する。まず、固定子鉄心4は、固定子鉄心ヨーク40と51から62までの符号が付された12個の磁極を備えた固定子磁極41で構成される。次に、固定子磁極41の内径側先端部に図3に示すように、2個の溝42a、42bを設け、その断面形状は、先端から基部までが同一形状となるように磁極厚みtが内外径方向同一厚みのストレート形状で構成されている。このように固定子磁極41の形状をストレート形状としたから、隣接

する固定子磁極 41 間、例えば磁極番号 55、56 間のスリット部寸法 W は、図 19 に示した従来例のスリット寸法 W0 よりも広くなるように形成できる。

【0020】また、固定子巻線 5 が配置されるスロット 70 の外径方向の底部 70a の断面形状は従来の軸中心からの円弧形状でなく、図示のように直線で結んだ三角形形状に形成される。このため、固定子鉄心のヨーク 40 の径方向厚みは、固定子磁極 41 のヨーク 40 の厚み t1 に対し、固定子磁極間のヨーク 40 の中央部の厚みは t2 と小さい。このように、スロット底部 70a の形状を三角形形状にしたことにより、スロット 70 の断面積を大きくできる。

【0021】固定子鉄心 4 と空隙を介して対向する回転子 3 は、図 2 に示すように 10 極（又は 14 極）の永久磁石 21 と薄鉄板を積層してなる回転子鉄心 22 で構成される。なお、後述する図 5 の表 1 に示すように、固定子磁極が 12 個の永久磁石の磁極は 10 極でも 14 極でも同一の巻線係数である。

【0022】各永久磁石 21 は、その外径部に補強リングを設けず、直に小隙を介して固定子鉄心 4 と対向してなる。また、永久磁石 21 は略台形状で、回転子鉄心 22 の逆台形状溝に挿入され、接着剤等で固定される。なお、永久磁石 21 の断面形状を、図示のように固定子鉄心 4 と空隙を介して対向する上面を円弧状となし、回転子鉄心 22 と接する下面は平坦で両側面はテーパを付けるように形成すると、空隙の磁束分布を正弦波に近づけると共に、回転子鉄心 22 との固着が強固に構成でき、かつ安価に製造できる特徴がある。

【0023】本発明の固定子の磁極数 M と回転子の永久磁石の磁極数 P については、多くの組合せが可能である。この M と P との組合せをどのように選定するかの検討に当たり、M と P との組合せと巻線係数との関係を  $(2/3) < (P/M) < (4/3)$  で、かつ  $P \neq M$  となる関係の範囲で計算をすると図 5 に示す表 1 のようになる。表 1 によると、M と P の全部の組合せの巻線係数が 0.866 以上であることが分かる。

【0024】従って、M と P の比が 3 : 2 の従来の集中巻固定子を有する回転電機では、上述のように巻線係数 K が 0.866 であるので、従来より実施されている M と P の組合せと同一の値か、或いはそれ以上の高い数値を示している。特に、「永久磁石の磁極数 P」の欄に \* の記号を付したものは最大の巻線係数 K となる組合せを示している。

【0025】この巻線係数 K が最大となる固定子の磁極数 M と永久磁石の磁極数 P との組合せの関係を一般式で表現すると、 $M : P = 6n : (6n \pm 2)$  となる。但し、n は 2 以上の整数である。また、表 1 の「永久磁石の磁極数 P」の欄に # の記号を付したものは、上記の最大の巻線係数 K の組合せに次いで巻線係数 K が大きい M と P の組合せを示している。

【0026】以上の検討により、以下に説明する本発明の実施の形態では、表 1 の固定子磁極の個数 M を 12、永久磁石の磁極数 P を 14 とした組合せを採用した構成について説明する。

【0027】図 4 に、本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機 1 の実施例で用いられる 12 個の固定子磁極 41 と 14 極の永久磁石 21 の場合の、磁界解析による 1/2 断面の磁束分布図を示す。図 2 では図示の都合上、永久磁石 21 は 10 極の場合を示しているが、この図 2 と図 4 の磁束分布図とを見比べると分かるように、磁束は固定子磁極 51 から空隙を通り、永久磁石 21 と回転子鉄心 22 を通過した後、夫々異極の永久磁石 21 と空隙を通り、固定子磁極 52 と同 62 に分割され、固定子磁極 51 に戻る。

【0028】このため、固定子磁極 51 と対向する 180 度位置の固定子磁極 57 に固定子巻線 5 を配置すれば、固定子巻線 5 に磁束が鎖交するので、3 相の電動機、発電機の 1 相分を構成できる。また、この場合でも巻線係数は 0.933 と大きい値となる。

【0029】また、図 4 に示した磁束分布図より、固定子磁極 41 と永久磁石 21 が磁気的な介在物がなく、直に空隙と対向していることにより、隣接する永久磁石 21 間の漏洩磁束がほとんどないため、有効磁束が多いことが分かる。

【0030】図 2 に戻り、本発明における別の特徴である固定子巻線 5 の配置について説明する。固定子巻線 5 は、6 個の電動機用固定子巻線 5a と 6 個の発電機用固定子巻線 5b の 12 個で構成される。電動機用固定子巻線 5a は、図示のように一つおきに固定子磁極 41 の磁極番号 51、53、55、57、59、61 に対し装着される。また、発電機の固定子巻線 5b は、残りの固定子磁極 41 の磁極番号 52、54、56、58、60、62 に対して装着される。

【0031】従って、図 2 では夫々総括される電動機用の固定子巻線 5a を 51a、53a、55a、57a、59a、61a で示し、また発電機用の固定子巻線 5b を 52a、54a、56a、58a、60a、62a で示している。夫々の電動機用固定子巻線 5a と発電機用固定子巻線 5b より成る固定子巻線 5 は、予め、巻線治具を用いて図 6 に示すようにボビン巻きされ、巻初めと巻終りの端末線が 1 巻線当たり 2 本が引き出される。

【0032】図 7 に各固定子磁極 41 に装着される絶縁体よりなる L 断面形状のインシュレータ 6 の斜視図を示す。図 2 に示す固定子磁極 41 に、この固定子磁極 41 を包み込むような図 7 に示す断面が長方形の孔を備えたインシュレータ 6 が各固定子磁極 41 毎に挿入され、更に、電動機用固定子巻線 5a と発電機用固定子巻線 5b がインシュレータ 6 を介して、所定の各固定子磁極 41 に挿入される。インシュレータ 6 の挿入後の状態は図 2 に示されている。

【0033】固定子巻線5を挿入した後、固定子磁極41の溝部42に絶縁材から成る図8に示す薄板状の楔13が、軸方向から挿入され、巻線5の絶縁と落下防止に利用される。楔13を挿入した後、固定子巻線5をワニス又はモールド材により固定する。図9に電動機用固定子巻線5aの接続図を示す。電動機用固定子巻線5aは、3相永久磁石電動機では、巻線はU、V、W相の3相から成る。

【0034】U相は、固定子磁極41の磁極番号51（以下単に固定子磁極51という。他の磁極番号についても同様の表示をする）に配置された固定子巻線51aのU1(+)と、固定子磁極51と180度対向位置の固定子磁極57に配置した固定子巻線5aの固定子巻線番号57a（以下単に固定子巻線57aという。他の巻線番号についても同様の表示をする）のU1(-)が直列に接続され、U相が構成される。

【0035】次に、V相は、固定子磁極53に配置された固定子巻線53aのV1(-)と180度対向位置の固定子磁極59に配置した固定子巻線59aのV1(+)が直列に接続され、V相が構成される。同様に、W相は、固定子磁極55に配置された固定子巻線55aのW1(+)と、それに180度対向する位置の固定子磁極61に配置された固定子巻線61aのW1(-)が直列に接続され、W相が構成される。U、V、W相の固定子巻線57a、59a、61aの巻終わり端末は接続されて中性点となる。ここで、(+)と(-)の記号は、巻線の巻回方向を示し、(+)の場合は例えば時計方向、(-)は反時計方向を示す。

【0036】図10に発電機用固定子巻線5bの接続図を示す。発電機用固定子巻線5bは、3相永久磁石発電機では、巻線はU、V、W相の3相からなる。U相は、固定子磁極52に配置された固定子巻線52aのU2(-)と、固定子磁極52と180度対向位置の固定子磁極58に配置した固定子巻線58aのU2(+)が直列に接続され、U相が構成される。次に、V相は固定子磁極54に配置された固定子巻線54aのV2(+)と、180度対向位置の固定子磁極60に配置した固定子巻線60aのV2(-)が直列に接続され、V相が構成される。同様に、W相は固定子磁極56に配置された固定子巻線56aのW2(-)と、180度対向位置の固定子磁極62に配置した固定子巻線62aのW2(+)が直列に接続され、W相が構成される。

【0037】U、V、W相の固定子巻線58a、60a、62aの巻終わり端末は接続されて発電機の中性点となる。記号(+)と(-)は、電動機用巻線5aの場合と同様に、巻線の巻回方向を示し、(+)の場合は例えば時計方向、(-)は反時計方向を示す。このように、本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機1では、電動機用固定子巻線5aと発電機用固定子巻線5bが一つおきに別個の固定子磁極41に配置されるので、両者の絶縁

が完全に分離される。

【0038】電動機用固定子巻線5aの巻回数N1に対し、発電機用固定子巻線5bの巻回数N2は、同一巻回数のみならず、発電機出力の負荷での電圧降下分を考慮し、予め発電電圧を大きくするように $N1 < N2$ にしても良い。

【0039】本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機1は、上述の実施の形態では、固定子の磁極数Mが12個、永久磁石の磁極数Pが14極のもので説明したが、 $M : P = 6n : (6n \pm 2)$ の条件で構成した $M = 12$ 個、 $P = 10$ 極のもので、同一巻線係数の0.933が得られる。但し、nは2以上の整数である。

【0040】電動機用固定子巻線5aのU相を構成する固定子巻線51aは時計方向、固定子巻線57aは反時計方向でボビン巻きされ、固定子巻線51aの巻終りと57aの巻始めを接続し、U1(+)とU1(-)の位相で構成されるが、固定子巻線51aと57aを同一巻回方向（例えば時計回り方向）でボビン巻きし、固定子巻線51aの巻終りと巻線57aの巻終りを接続すれば、U1(+)、U1(-)の位相が得られる。上記のように、他の電動機用固定子巻線5aのV、W相、発電機用固定子巻線5bのU、V、W相も同一方法で固定子巻線5の必要な構成位相が得られる。

【0041】固定子磁極41は、上述のように、磁極幅が全長に亘り一定であるストレート形状としたが、これに代えて固定子鉄心のヨーク40側の磁極幅が大きく、内径側に向かうに従い磁極幅が小さくなるテーパ状としても、隣接固定子磁極間のスリット幅が広がるので、ボビン巻きされた巻線5を磁極41に円滑に装着できる。また、上記実施の形態で示した本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機は、固定子磁極41の個数Mの半分に一つおきに電動機用固定子巻線5aを配置し、残りの半分に発電機用固定子巻線5bを設けた電動機、発電機の構成とした場合である。

【0042】ところで、電動機単独の集中巻固定子を有する回転電機とするには、固定子磁極41の個数Mの半分に一つおきに電動機用固定子巻線5aを配置し、残りの半分の固定子磁極41にも電動機用固定子巻線5aを配置する構成とすれば良い。同様に、固定子磁極41の個数Mの半分に一つおきに発電機用固定子巻線5bを配置し、残りの半分の固定子磁極41にも発電機用固定子巻線5bを配置する構成とすれば、発電機単独の集中巻固定子を有する回転電機となる。ここで、電動機用固定子巻線5、及び発電機巻線5bの巻回数は前の場合の2倍とされている。

【0043】図11の巻線接続図に示すように、予めボビン巻きした太線から成る12個の固定子巻線5を12個の固定子磁極41全数に挿入配置し、U相を固定子巻線51aのU1(+)、52aのU1(-)、57aのU1(-)、58aのU1(+)の4個で、次に、V相を固定子



巻線 53a の V1(-)、54a の V1(+)、59a の V1(+)、60a の V1(-) の 4 個で、更に、W 相を固定子巻線 55a の W1(+)、56a の W1(-)、61a の W1(+)、62a の W1(-) の 4 個で構成し、各相毎に直列に接続した構成とすれば、同様に、単独の電動機、発電機となる集中巻固定子を有する回転電機が得られる。

【0044】ところで、図 9、図 10 及び図 11 は夫々本発明の集中巻固定子を有する回転電機に用いる固定子巻線の結線図であって、全巻線が単独に電動機用巻線 5a として、あるいは発電機用巻線 5b として形成した場合、又は電動機用巻線 5a 又は発電機用巻線 5b を単独に用いた場合において、同相の巻線 5 を直列に接続をした場合を夫々示しているが、同相の巻線 5 を並列に接続することもできる。即ち、本発明の永久磁石回転電機に\*

$$\phi D2 \text{ の断面積} = (\phi D1 \text{ の断面積}) / 2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\phi D3 \text{ の断面積} = (\phi D2 \text{ の断面積}) / 2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

【0046】図 2 に示した固定子 2 の構造では、固定子鉄心 4 の磁極 41 にインシュレータ 6 を装着して、このインシュレータ 6 を介して固定子巻線 5 を装着しているが、図 15 に示すように、固定子鉄心 4 の磁極 41 の内周側に合成樹脂等の皮膜を付着させた絶縁構造 41G を施した磁極に構成すると、この絶縁構造 41G によりインシュレータ 6 の代用となり、従って、本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機では、固定子鉄心 4 の磁極 41 にインシュレータ 6 を省略した構成も考えられる。

【0047】図 8 に示した前記絶縁材による薄板状の楔 13 の代わりに、空気より透磁率が大い、例えば合成樹脂と鉄粉を加熱・加圧により積層板化した磁性楔を用いることにより、固定子磁極溝 42a、42b の磁束密度の落ち込みによる永久磁石に発生するうず電流損を低減できる。このため、回転子 3 の温度上昇の軽減や、回転電機 1 の効率向上、更に、振動、騒音の低減ができる。

【0048】一方、磁性楔形状を、図 8 に示す薄板状の他に、図 18 に示すように、幅 W' のほぼ中央部の板厚を薄くした V 字ブロック形状に構成した磁性楔 13' とすれば、隣接固定子磁極 41 間で漏洩する磁束を減少させることができる。固定子鉄心 4 の形状を図 3 とは異なり、図 16 に示すように、磁極幅が一定のストレート形状の磁極と、先端にポールシューを形成した磁極とを交互に配置し、ストレート形状の磁極には予め成型した巻線 5 を装着し、ポールシューを形成した磁極には巻線機のノズルにより巻線を巻き付けるようにすることもできる。

【0049】

【発明の効果】本発明の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機は、上述のように構成したために、以下のような優れた効果を有する。

\* 用いる固定子巻線 5 として、図 12 では電動機用巻線 5a を、図 13 では発電機用巻線 5b を、夫々コイル単体を並列に接続して一相を形成した場合の接続図を示し、図 14 は電動機用巻線 5a 又は発電機用巻線 5b の単独機において、巻線 5 を直列にしたものを並列に接続して一相を形成した場合を示している。また、巻線 5 を並列にしたものを直列に接続して、一相を形成してもよい。

【0045】なお、並列に接続する場合には、各巻線 5a、5b の巻数が同数となるようにする必要があるが、図 9 乃至図 11 及び図 12 乃至図 14 に示した接続例について、電動機用巻線 5a と発電機用巻線 5b の各巻線の線径と巻数の関係の一例を図 17 の表 2 に示す。同表において、 $\phi D1$  と  $\phi D2$  は次の (1) 式、 $\phi D2$  と  $\phi D3$  は次の (2) 式の関係がある。

$$\dots \dots \dots (1)$$

$$\dots \dots \dots (2)$$

(1) 本発明の回転電機は、隣接する固定子磁極間のスリット幅寸法が大いいため、予めボビン巻きされた太線の固定子巻線を、固定子鉄心の径中心側より固定子磁極に挿入できるので、巻線抵抗が小さくなり、高出力で損失の少ない回転電機が得られる。

(2) スロット底部の形状を三角形状としたことにより、スロット面積が増加し、固定子巻線の巻回数を増やすことができるため、大きな電動機トルクと発電電圧が得られる。

(3) 固定子の磁極数 M と永久磁石の磁極数 P との比が、 $M : P = 6n : (6n \pm 2)$  で構成されていることにより、巻線係数が 0.933 と大きくなり、大きな電動機トルク、発電電圧が得られる。また、コギングトルクが小さな回転電機となる。但し、n は 2 以上の整数とする。

【0050】(4) 固定子の磁極数 M の半分の個数 ( $M/2$ ) で、夫々電動機用固定子巻線と発電機用固定子巻線を配置したことにより、両者の絶縁が完全に分離されるため、安全性が向上する。また、端処理本数も少ないことにより、接続板との接続作業時間を短縮することができる。

(5) 固定子鉄心と永久磁石が空隙を介して直に対向していることにより、永久磁石の漏洩磁束が少なく。従って、有効磁束が増加し、大きな電動機トルクが得られ、インダクタンスも小さくなる。

(6) 電動機用巻線と発電機用巻線の巻回数を異なるように構成することにより、発電機出力の負荷による電圧降下分を考慮し、予め発電機電圧を大きくしておくことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の回転電機の一実施の形態を示す一部を切り欠いた縦断面図である。

50 【図 2】本発明の回転電機における電動機用巻線と発電

機用巻線を設けた電動発電機の横断面図である。

【図 3】本発明の回転電機における固定子鉄心の径方向の断面図である。

【図 4】本発明の回転電機における固定子磁極と永久磁石回転子の磁界解析による半分断面の磁束分布図である。

【図 5】固定子の磁極数  $M$  と永久磁石の磁極数  $P$  の組合せによる巻線係数  $K$  を示した表 1 となる図表である。

【図 6】本発明の回転電機におけるボビン巻き巻線の斜視図である。

【図 7】本発明の回転電機における固定子磁極に挿入されるインシュレータの斜視図である。

【図 8】本発明の回転電機における固定子磁極の溝に挿入される楔の斜視図である。

【図 9】本発明の回転電機の電動機用固定子巻線の直列接続図である。

【図 10】本発明の回転電機の発電機用固定子巻線の直列接続図である。

【図 11】本発明の回転電機の固定子巻線の他の実施例を示す直列接続図である。

【図 12】本発明の回転電機の電動機用固定子巻線の並列接続図である。

【図 13】本発明の回転電機の発電機用固定子巻線の並列接続図である。

【図 14】本発明の回転電機の電動機用単独機の固定子巻線と発電機用単独機の固定子巻線を直列及び並列に接続して一相を形成した接続図である。

【図 15】本発明の回転電機における固定子鉄心の磁極に合成樹脂等の皮膜を付着させた状態を示す横断面図で\*

\* ある。

【図 16】本発明の回転電機における固定子磁極において、ストレート形状の磁極と先端にポールシューを形成した磁極とを交互に配置した固定子鉄心の横断面図である。

【図 17】電動機用巻線と発電機用巻線の線径と巻数の関係を示す表 2 となる図表である。

【図 18】本発明の回転電機における固定子磁極の溝に挿入される他の構成例の楔の斜視図である。

10 【図 19】従来の回転電機における固定子鉄心の横断面図である。

【符号の説明】

1 : 永久磁石回転電機

2 : 固定子

3 : 回転子

4 : 固定子鉄心

5 : 固定子巻線

5 a : 電動機用固定子巻線

5 b : 発電機用固定子巻線

20 1 3、1 3' : 楔

2 1 : 永久磁石回転子

2 2 : 回転子鉄心

4 0 : 固定子鉄心ヨーク

4 1 : 固定子磁極

4 2 a、4 2 b : 固定子磁極溝

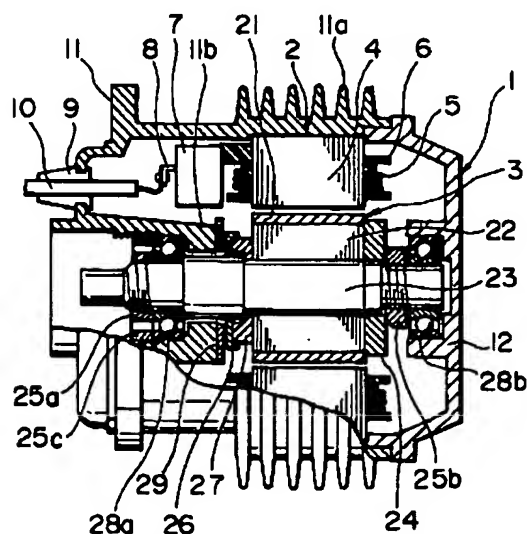
5 1 ~ 6 2 : 固定子磁極番号

5 1 a ~ 5 2 a : 固定子巻線番号

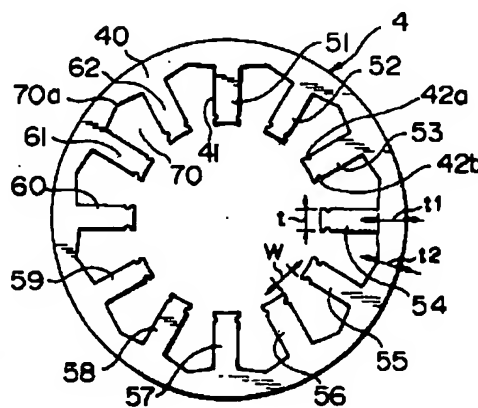
7 0 : スロット

7 0 a : スロット底部

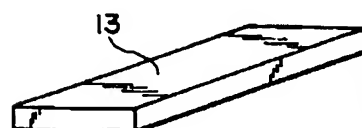
【図 1】



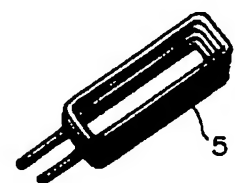
【図 3】



【図 8】

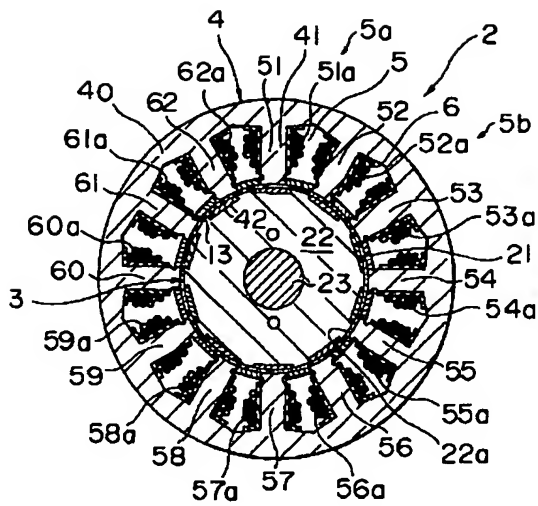


【図 6】



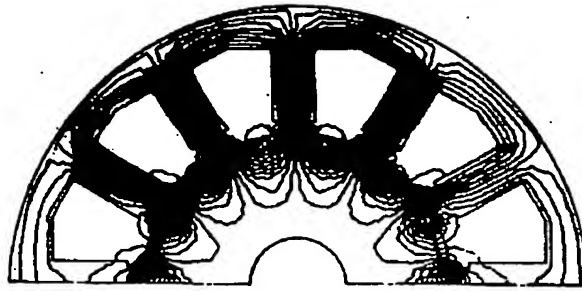


【図2】

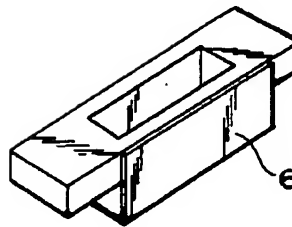


- 4 : 固定子鉄心  
 5 : 固定子巻線  
 5a : 発電機用固定子巻線  
 5b : 発電機用固定子巻線  
 13 : 楔  
 41 : 固定子磁極

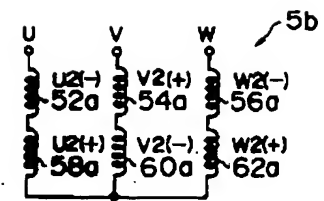
【図4】



【図7】

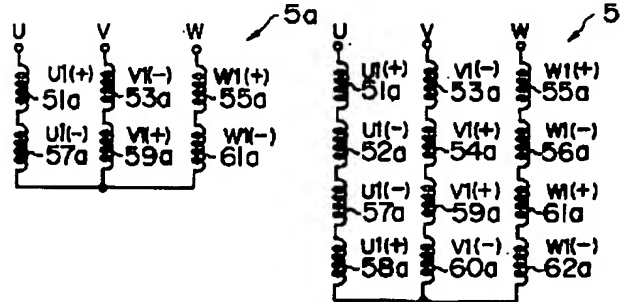


【図10】



【図9】

【図11】

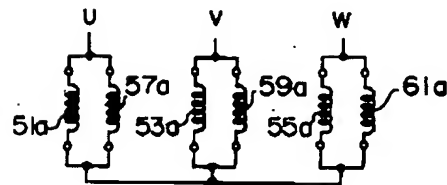


【図5】

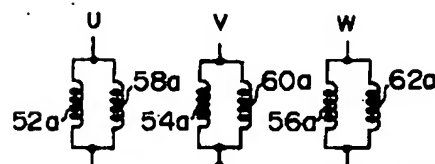
表 1

固定子巻線数 N	永久磁石の数 P	巻線係数 K
12	8	0.866
	* 10	0.933
	* 14	0.933
	16	0.866
18	12	0.866
	* 14	0.883
	* 16	0.970
	* 20	0.970
	* 22	0.883
	24	0.866
24	16	0.866
	* 20	0.933
	* 22	0.983
	* 26	0.983
	* 28	0.933
	32	0.866

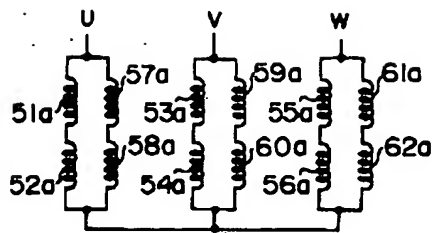
【図12】



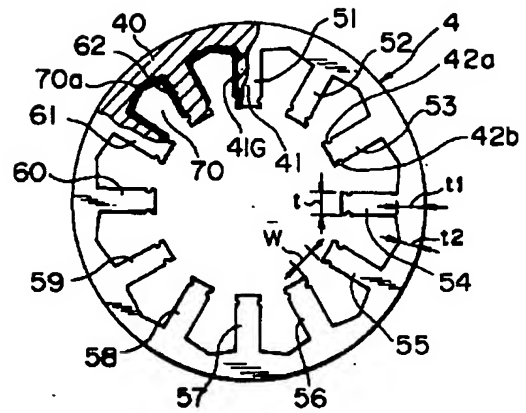
【図13】



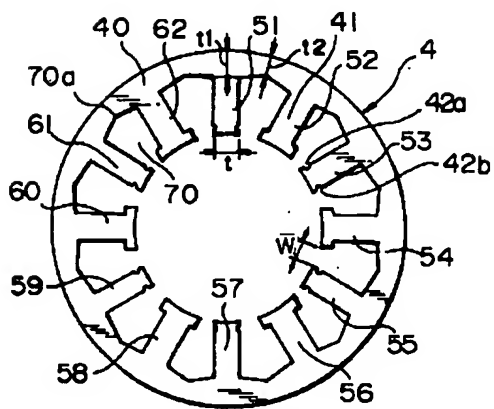
【図14】



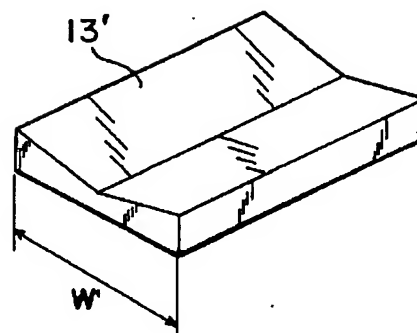
【図15】



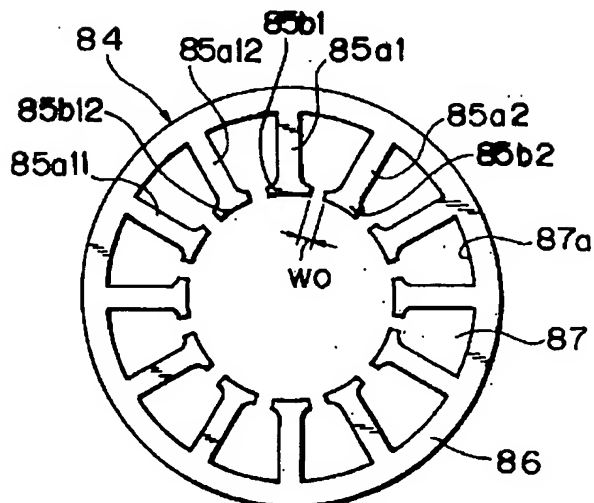
【図16】



【図18】



【図19】



【図 17】

表 2

ケース	電動機用巻線		発電機用巻線	
	線 径	巻数 (ターン)	線 径	巻数 (ターン)
図 9 電動機用巻線	同 ( $\phi D1$ )	同 ( $N1 \times 2$ ) 異 ( $N1 + 0.9N1$ )		
図 9 と図 10 電動機又は 発電機用巻線	同 ( $\phi D1$ )	同 ( $N1 \times 2$ ) 異 ( $N1 + 0.9N1$ )	同 ( $\phi D2$ )	同 ( $1.6N1 \times 2$ ) 異 ( $1.6N1 + 1.5N1$ )
図 11 電動機又は発電機 ：直列	同 ( $\phi D1$ )	同 ( $0.5N1 \times 4$ ) 異 ( $0.8N1 \times 2$ $+ 0.2N1 \times 2$ )	同 ( $\phi D2$ )	同 ( $0.8N1 \times 4$ ) 異 ( $1.2N1 \times 2$ $+ 0.4N1 \times 2$ )
図 12 電動機用巻線 ：並列	同 ( $\phi D2$ )	同 ( $2N1 \times 2$ )	同 ( $\phi D3$ )	同 ( $3.2N1 \times 2$ )
図 12 と図 13 電動機又は発電機 ：並列	同 ( $\phi D2$ )	同 ( $2N1 \times 2$ )	同 ( $\phi D3$ )	同 ( $3.2N1 \times 2$ )
図 14 電動機又は発電機 ：直列したもの を並列	同 ( $\phi D2$ )	同 ( $N1 \times 4$ ) 異 ( $1.6N1 \times 2$ $+ 0.4N1 \times 2$ )	同 ( $\phi D3$ )	同 ( $1.6N1 \times 4$ ) 異 ( $2N1 \times 2$ $+ 1.2N1 \times 2$ )

## 〔備考〕

一相の巻線は 2 個又は 4 個の巻線単体を直列又は並列に接続して構成している。  
 線径：「同」とは、2 個又は 4 個の巻線単体の線径が同じであることを示している。  
 巻数：「同」とは、2 個又は 4 個の巻線単体の巻数が同じであることを示している。  
 ：「異」とは、2 個又は 4 個の巻線単体の巻数が異なることを示している。  
 ：巻数の欄の ( ) 内数字は、実施する巻数の一例を示したものである。  
 ( ) 内の数字は、巻数を表し、 $\times 2$  とは同一の巻数を対で用いることを意味し、 $\times 4$  とは同一の巻数を 4 個用いることを意味し、 $+$  は夫々異なる巻数の巻線を用いることを意味する。  
 例えば、( $N1 \times 4$ ) とは、巻数が  $N1$  の巻線単体を 4 個用いることを意味し、( $1.6N1 \times 2 + 1.2N1 \times 2$ ) とは、巻数が  $1.6N1$  の巻線単体を 2 個と、巻数が  $1.2N1$  の巻線単体を 2 個とを結合させて用いることを意味する。

【手続補正書】

【提出日】平成 10 年 4 月 27 日

【手続補正 1】

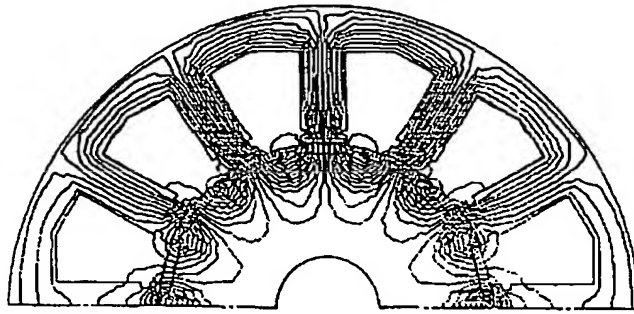
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 4】



【手続補正 2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 5】

表 1

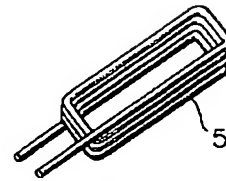
固定子磁極数 N	永久磁石の極数 P	巻線係数 K
12	8	0.866
	★ 10	0.933
	★ 14	0.933
	16	0.866
18	12	0.866
	★ 14	0.883
	★ 16	0.970
	★ 20	0.970
	★ 22	0.883
	24	0.866
24	16	0.866
	★ 20	0.933
	★ 22	0.983
	★ 26	0.983
	★ 28	0.933
	32	0.866

\* 【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 6】



【手続補正 4】

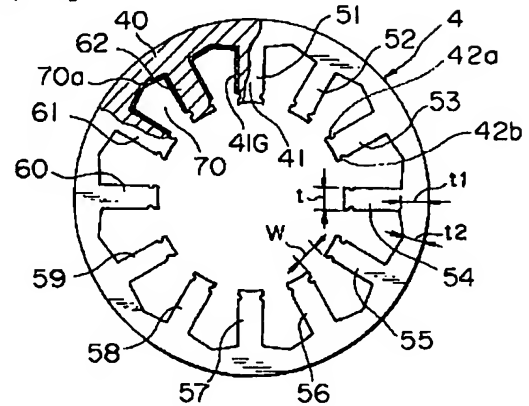
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 1 5】



【手続補正 3】

【補正対象書類名】図面

\*

フロントページの続き

(72)発明者 石井 仁

群馬県桐生市相生町 3 - 93 番地 日本サー  
ボ株式会社桐生工場内

(72)発明者 阿部 慶一

群馬県桐生市相生町 3 - 93 番地 日本サー  
ボ株式会社研究所内